

## Development of Helical Antenna using Microwave ZST Ceramics

Jong-Bae Lee, Youngjin Yook, Ho-Yong Sin, Hyung-Sun Kim\*, Jong-In Im<sup>†</sup>

Simulation Center, Korea Institute of Ceramic Engineering Technology, Seoul 153-801, Korea

\*Department of Materials Science and Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received January 15, 2008; Accepted April 14, 2008)

### 마이크로파 ZST 세라믹을 이용한 Helical Antenna 개발

이종배 · 육영진 · 신호용 · 김형순\* · 임종인<sup>†</sup>

요업(세라믹)기술원 시뮬레이션센터

\*인하대학교 신소재공학부

(2008년 1월 15일 접수; 2008년 4월 14일 승인)

#### ABSTRACT

In this study, helical antenna with microwave ZST ceramics was designed using finite element method and developed. Studied parameters are relative dielectric constant of the dielectric core and the width of the conduction metal band of the antenna. As shown in the results, the center frequency of the antenna was decreased as the dielectric constant increased. Also beam width of the antenna increased as both the dielectric constant and the conduction band width increased. Based on the designed optimal shape, the manufactured antenna has the good beam width at center frequency 1.58 GHz.

**Key words :** Helical antenna, Microwave ZST ceramic, Finite element method(FEM), Radiation pattern, Frequency

#### 1. 서 론

최근 이동통신 시장의 폭발적인 증가로 단말기용 안테나도 병행하여 발전하고 있다. 단말기용 안테나는 양방향 통신이 가능하고 휴대가 간편하여야 하는 등의 목적에 의해 주로 무지향성의 수납가능형 안테나(Retractable Antenna)를 사용한다. 단말기용 안테나는 신호대기 상태와 통화상태에 각각 적합한 두 가지의 안테나가 조합된 형태이고, 위치에 관계없이 통화가 가능한 스프링 모양의 헬리컬(Helical) 안테나와 통화품질을 높이기 위한 모노폴(Monopole) 안테나가 그 대표적인 형상이다. 이와 같은 단말기용 외장형 안테나는 사용주파수에 대한 반 파장 공진길이를 구성되는 다이폴 안테나가 기본 모델이다. 반면 내장형 안테나로는 Patch형 및 SMD형 세라믹 안테나, PCB형, PIPA형 안테나 등이 있고, 기술이 발전함에 따라 점차 모듈화 되고 있다. 이와 같은 내장형 평면 안테나는 통화대기 상태에서도 상부에 돌출되어 있는 헬리컬 안테나의 단점을 개선하기 위하여 단말기들의 상단 또는 측면내부에 부착시킴으로서 휴대성을 높인 구조이다. 그러나 설계에 따라 복사패턴의 형태가 달라지고, 단말기에 장착되었을 때 어느 정도의 지향성을 가지므로 양호한 전

방향 통신을 위해서는 고출력 특성을 갖는 다른 형상의 안테나 개발이 필요하다.<sup>1-3)</sup>

본 연구에서는 헬리컬/모노폴 결합형 안테나 및 유전체 세라믹형 SMD 안테나의 장점을 결합한 소형의 무지향성 및 고출력특성을 지닌 유전체 세라믹 헬리컬 안테나를 개발하고자 하였다. 이를 위해 고주파 유전체 세라믹 재료를 제조하여 유전율, 품질계수 등을 측정하고,<sup>4,5)</sup> 헬리컬 안테나의 특성해석을 통해 안테나의 최적 형상을 설계하고자 하였다. 또한 설계한 유전체 세라믹 헬리컬 안테나를 제작하여 그 특성을 평가하고자 하였다.

#### 2. 실험 방법

##### 2.1. 유전체 세라믹스의 제조 및 특성평가

고주파 유전체 재료인  $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$  (이하 "ZST")는 고순도의  $ZrO_2$ (99.9%, Showa Chemicals Inc.),  $SnO_2$ (99.9%, Hayashi Pure Chemical Ind.),  $TiO_2$ (99.9%, Janssen Chemica)분말을 사용하고, 1,100°C에서 3시간 동안 열처리하여 합성하였다. ZST의 소결조제로 ZnO를 1 wt% 첨가하였다. ZST 성형체를 1,250~1,400°C 사이에서 12시간 동안 유지하여 소결하고, 미세구조 및 소결온도가 고주파수 유전특성에 미치는 영향을 알아보았다. 유전특성 측정은 고주파 재료의 유전율 측정방법으로 잘 알려진 하키콜만 방법<sup>6)</sup>(Fig. 1)을 이용하여 ZST 재료의 상대유전율 및 품

<sup>†</sup>Corresponding author : Jong-In Im

E-mail : jongin@kicet.re.kr

Tel : +82-2-3282-2491 Fax : +82-2-3282-7801

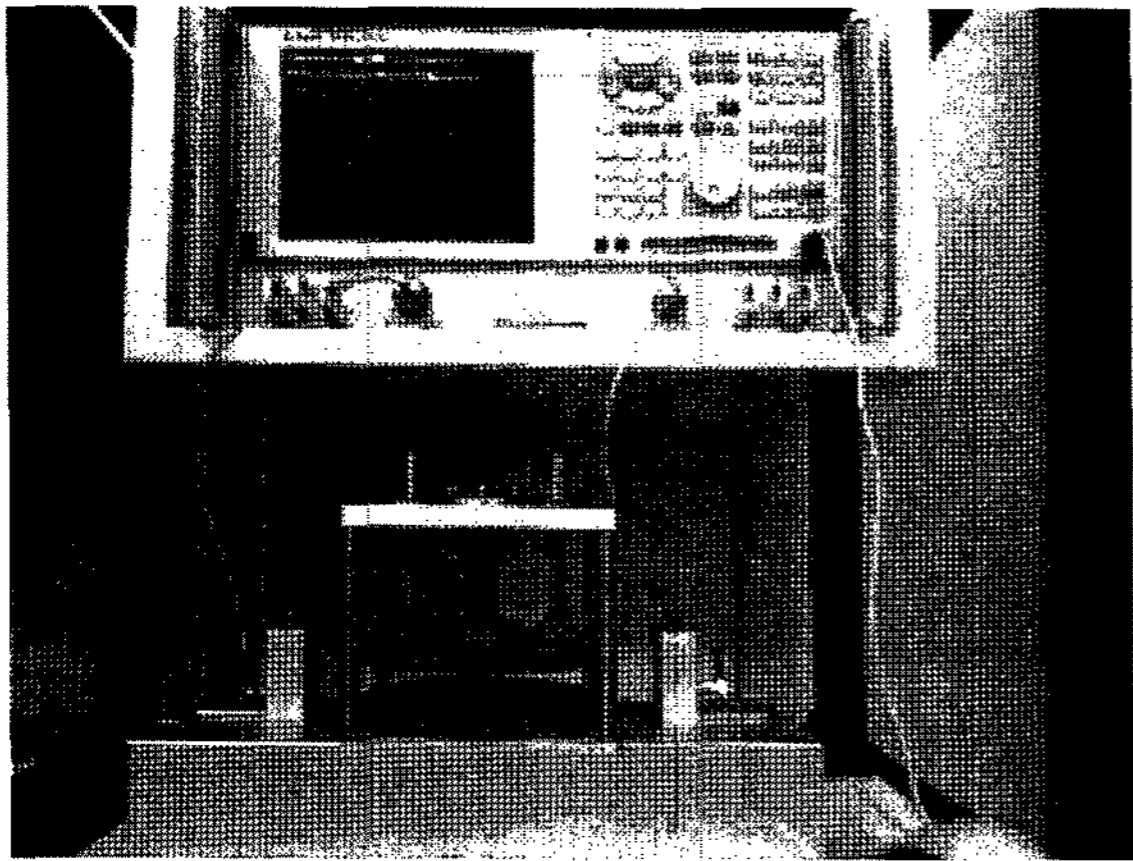


Fig. 1. Photographs of the measuring equipment for dielectric constant.

질계수를 측정하였다.

### 2.2. Helical 안테나의 특성 해석

본 연구에서는 고주파수 안테나의 특성분석을 위하여 상용의 고주파수 시뮬레이션 프로그램인 HFSS v.10(Ansoft 사)을 사용하였고, ZST 헬리컬 안테나의 특성을 해석하기 위한 유한모델을 Fig. 2에 나타내었다. 세라믹 헬리컬 안테나는 핵심소재인 유전체 세라믹스와 나선형의 도체로 구성되어 있고, 유전체 소재의 재질특성 및 나선 도체의 수, 폭, 나선의 각도 등이 안테나의 특성에 영향을 미친다. 본 연구에서는 세라믹 안테나의 재질 변수로써 세라믹 유전체의 상대유전율을 36에서 40까지 변화시키고, 네 개의 나선형 도체의 폭을 1~1.3 mm까지 변화시켜 안테나의 특성을 해석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. ZST 세라믹스의 유전특성

본 연구에서 제조한 ZST 세라믹의 미세구조 및 유전특성을 분석하고, 그 결과를 Fig. 3부터 Fig. 5까지 나타내었다. Fig. 3과 Fig. 4는 ZST 소결체의 미세구조를 나타내

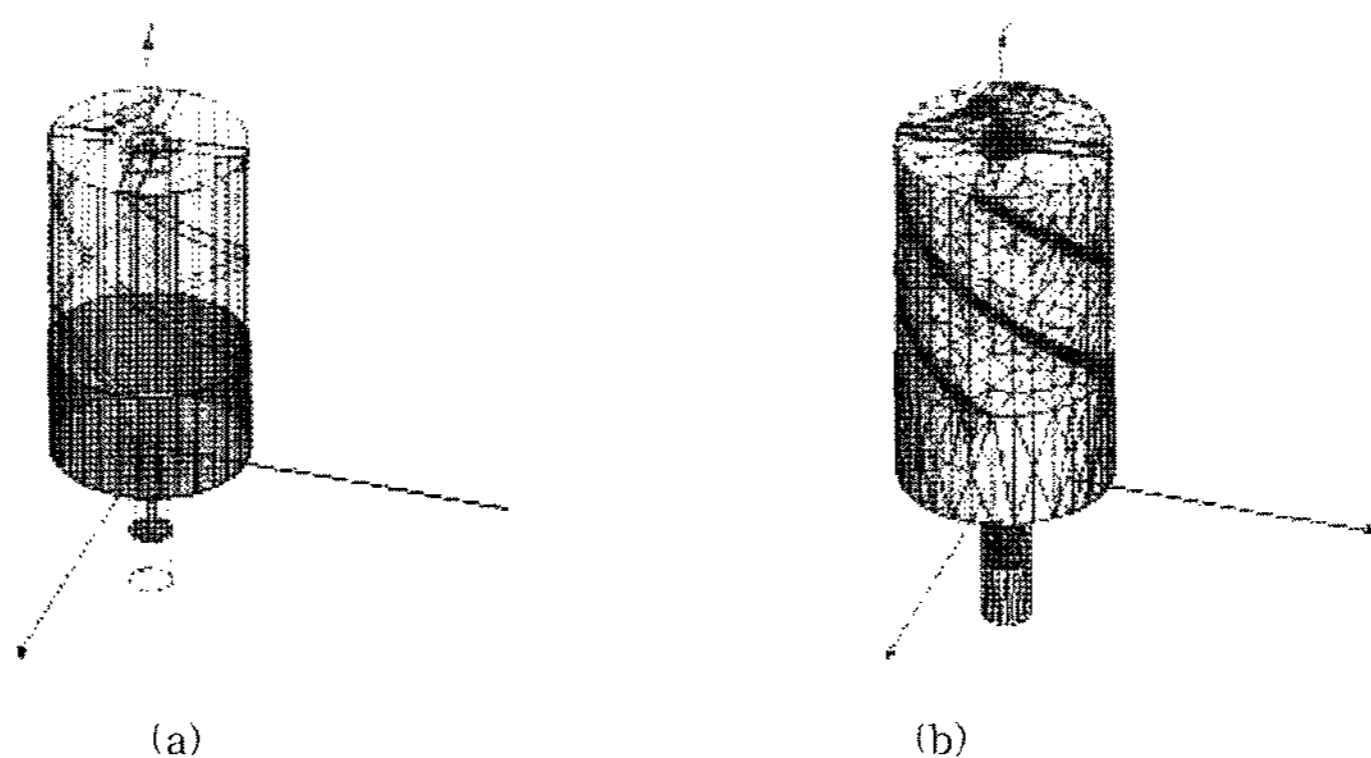


Fig. 2. FE model of the ZST helical antenna. (a) geometry and (b) meshed shape.

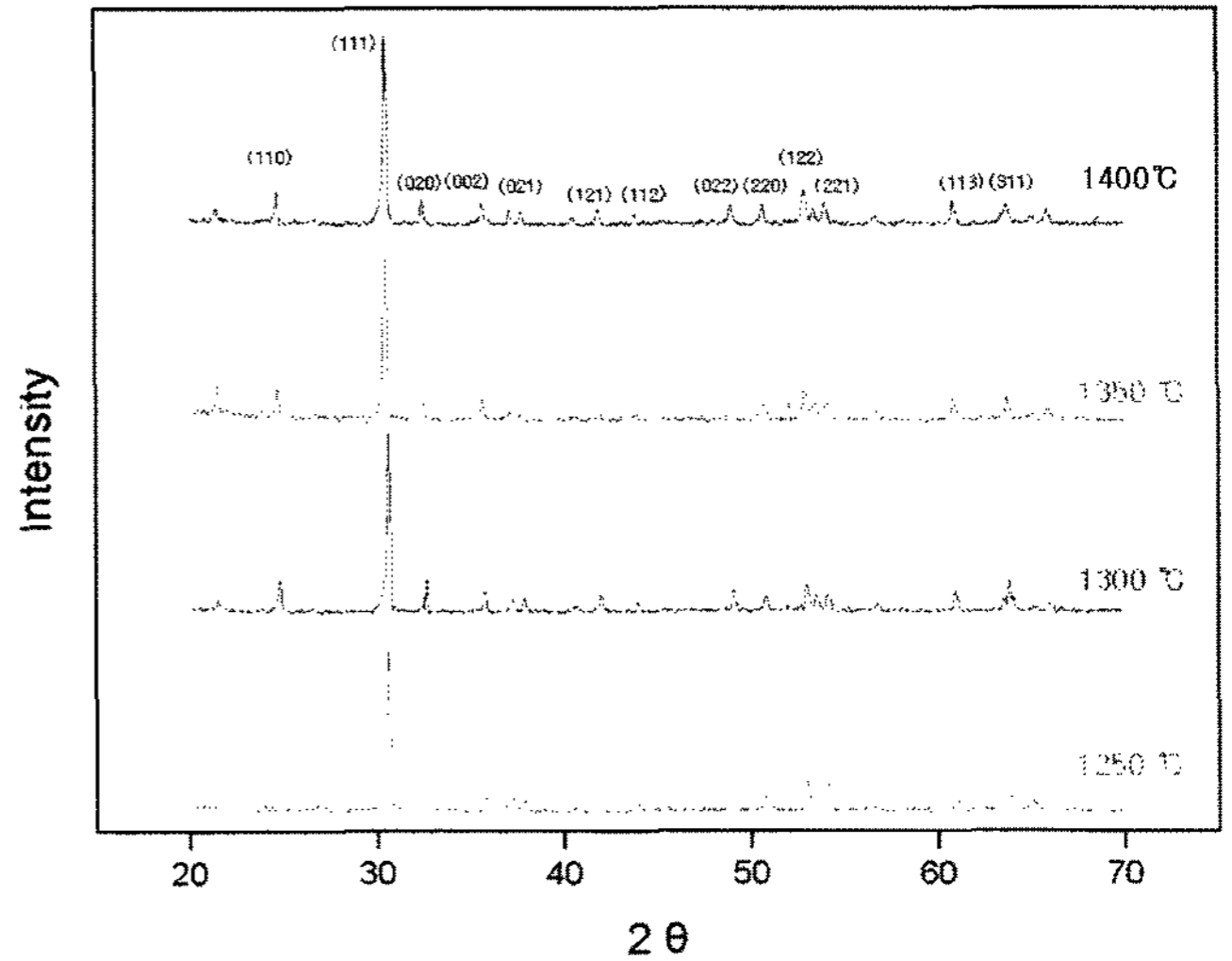


Fig. 3. The XRD patterns of the ZST ceramics at various sintering temperature.

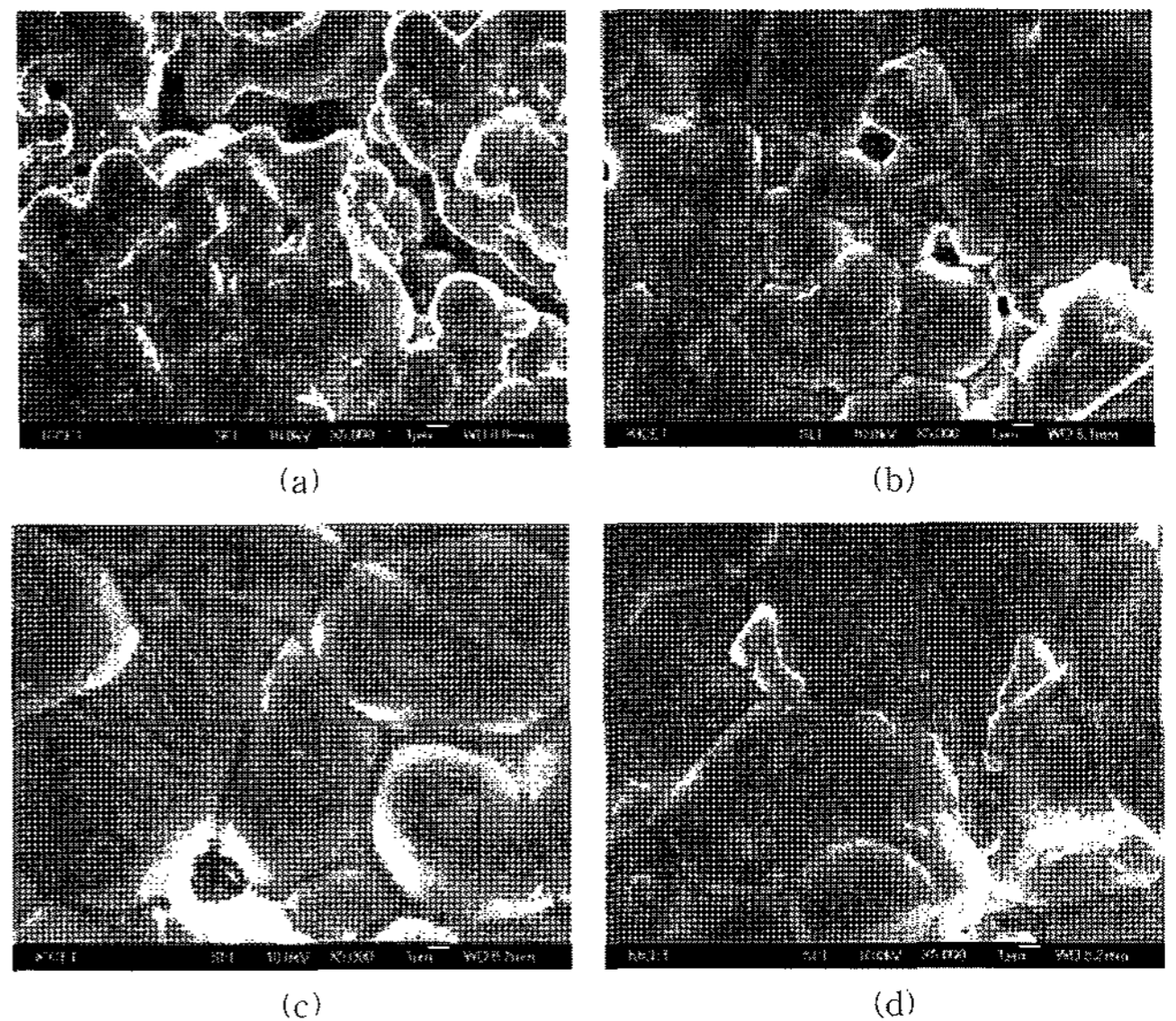
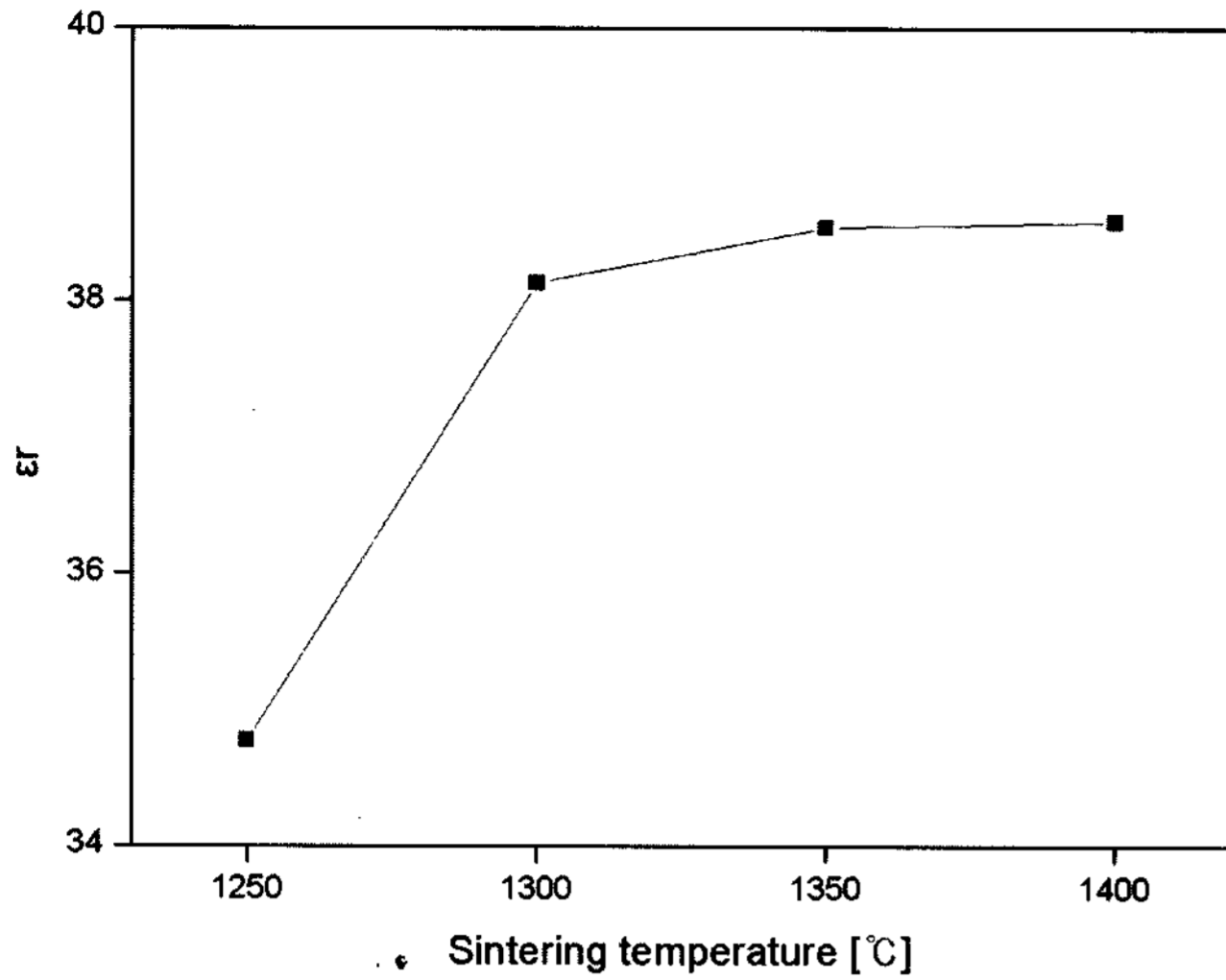
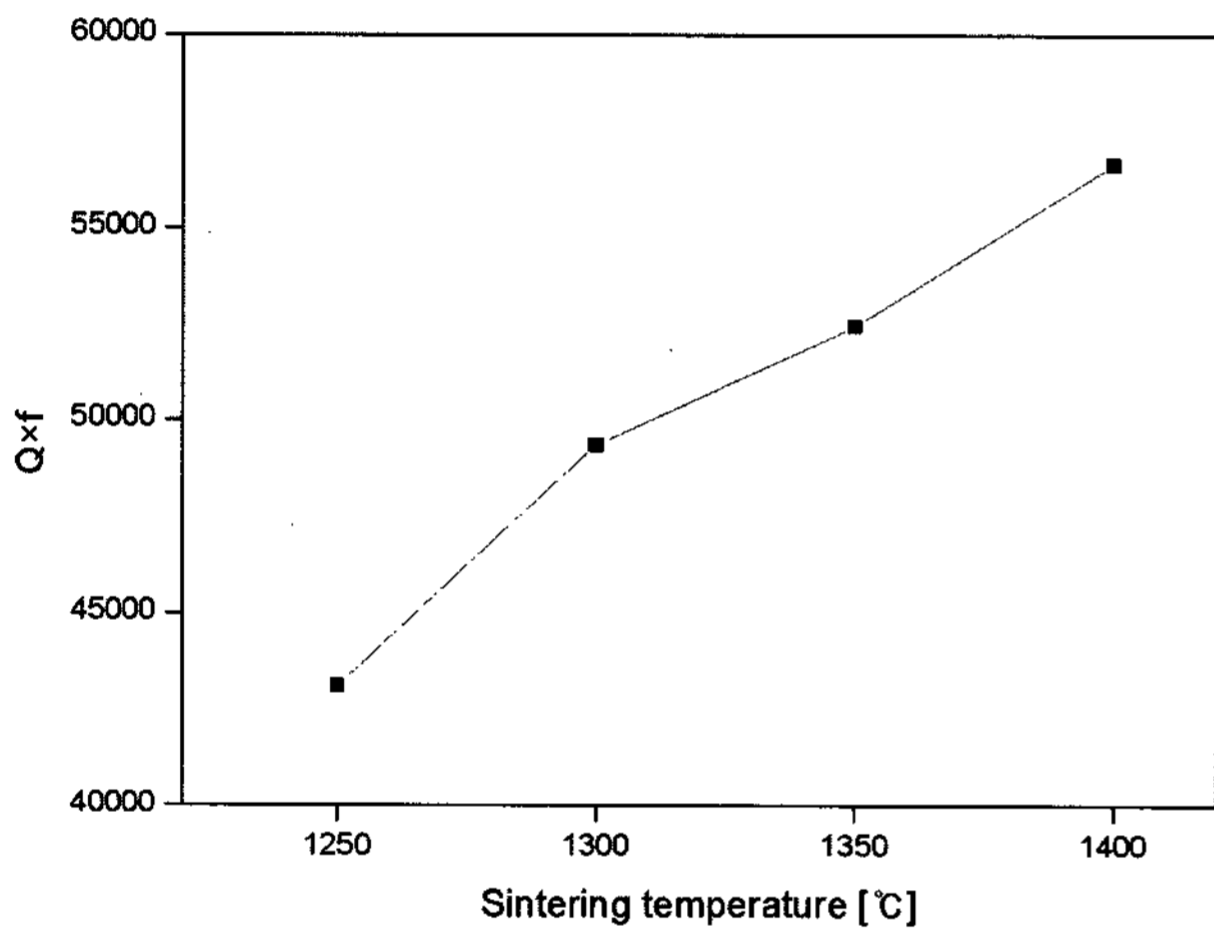


Fig. 4. The microstructure of the ZST ceramics at different sintering temperature : (a) 1,250°C, (b) 1,300°C, (c) 1,350°C, and (d) 1,400°C.



(a)



(b)

Fig. 5. The influence of the sintering temperature on the (a) relative dielectric constant(ε<sub>r</sub>) and (b) quality factor of the ZST ceramic.

었으며, Fig. 5는 ZST의 소결온도에 따른 상대유전율 및 품질계수의 변화를 나타내었다.

ZST 세라믹스 소결체는 XRD 결과에서 알 수 있듯이 단일상으로 형성되어 있고(Fig. 3), 소결온도가 증가함에 따라 기공이 감소하며 입자크기는 10 μm 이상 커지는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5). 특히 1,350°C부터 급격하게 입경이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 5의 ZST 세라믹스의 유전특성 변화에서 알 수 있듯이, 소결온도가 증가함에 따라 상대유전율은 약 35부터 38 정도까지 증가하고, 소결온도가 1,300°C 이상일 때는 거의 균일한 유전특성을 보이고 있다. 이는 소결체의 미세구조에서 알 수 있듯이 내부 기공감소로 인한 소결밀도의 증가가 그 원인인 것으로 판단된다. 또한 소결온도가 증가함에 따라 ZST 소결체의 품질계수는 대략 43,000부터 57,000까지 증가하는 것으로 나타났다.

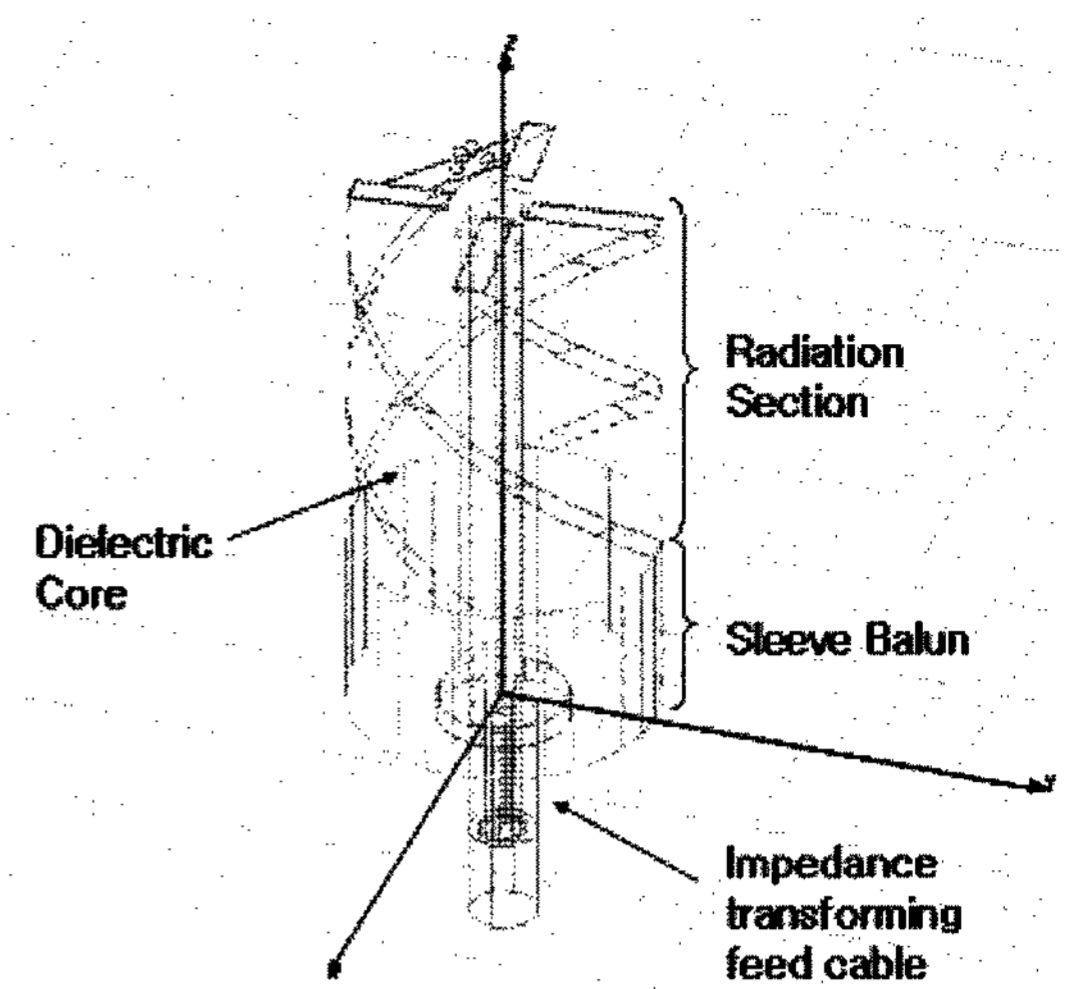
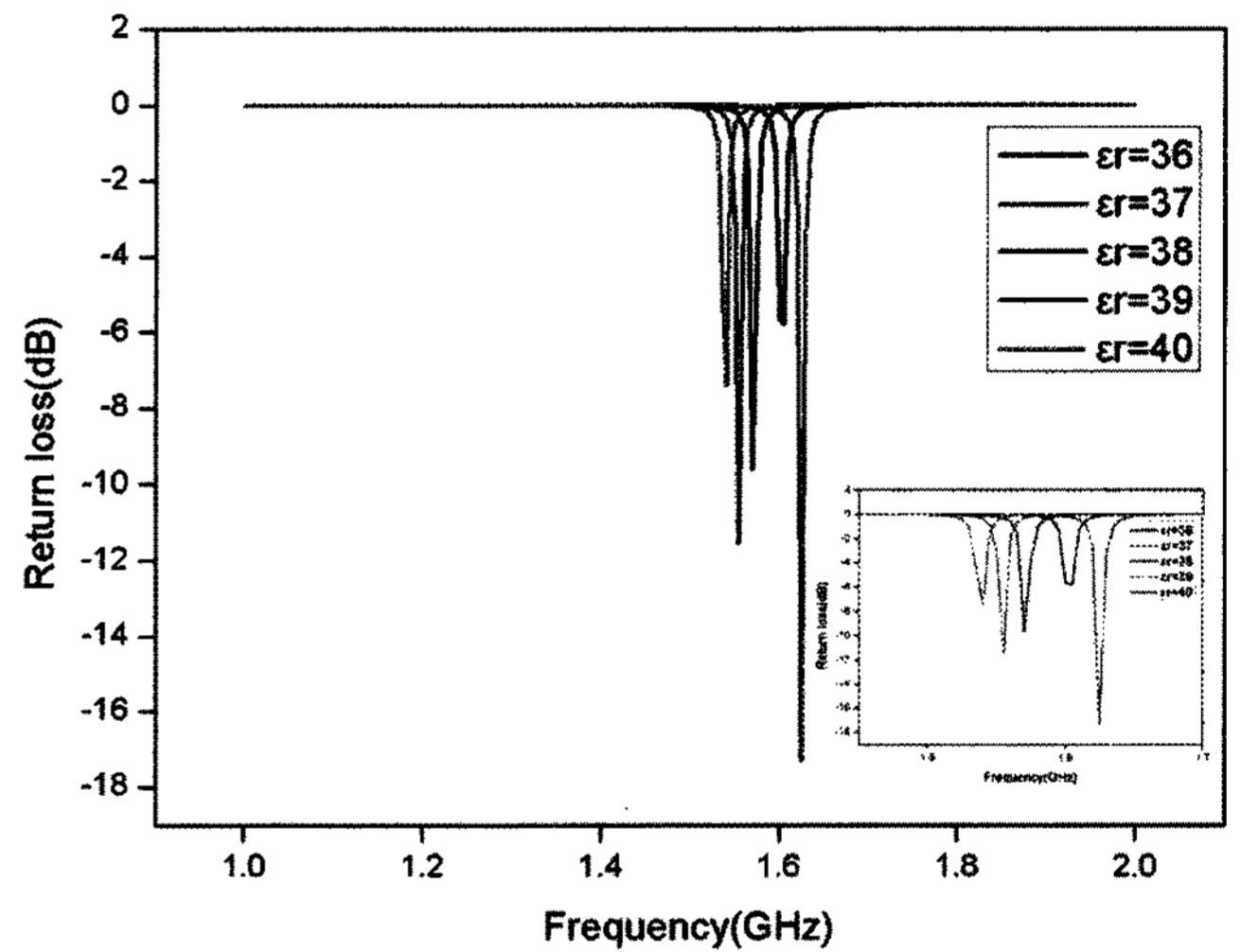
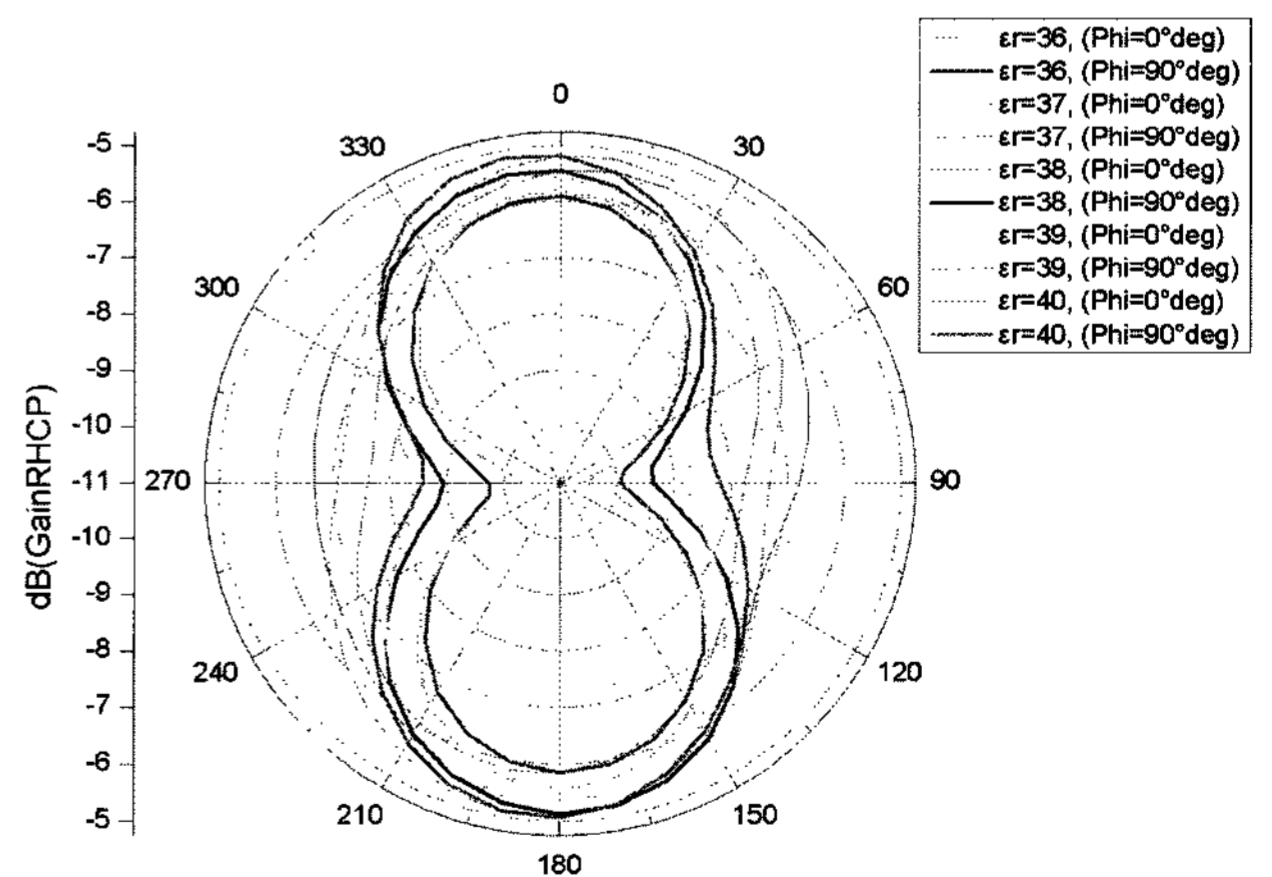


Fig. 6. Schematic diagram of the helical antenna with the dielectric ceramic core.

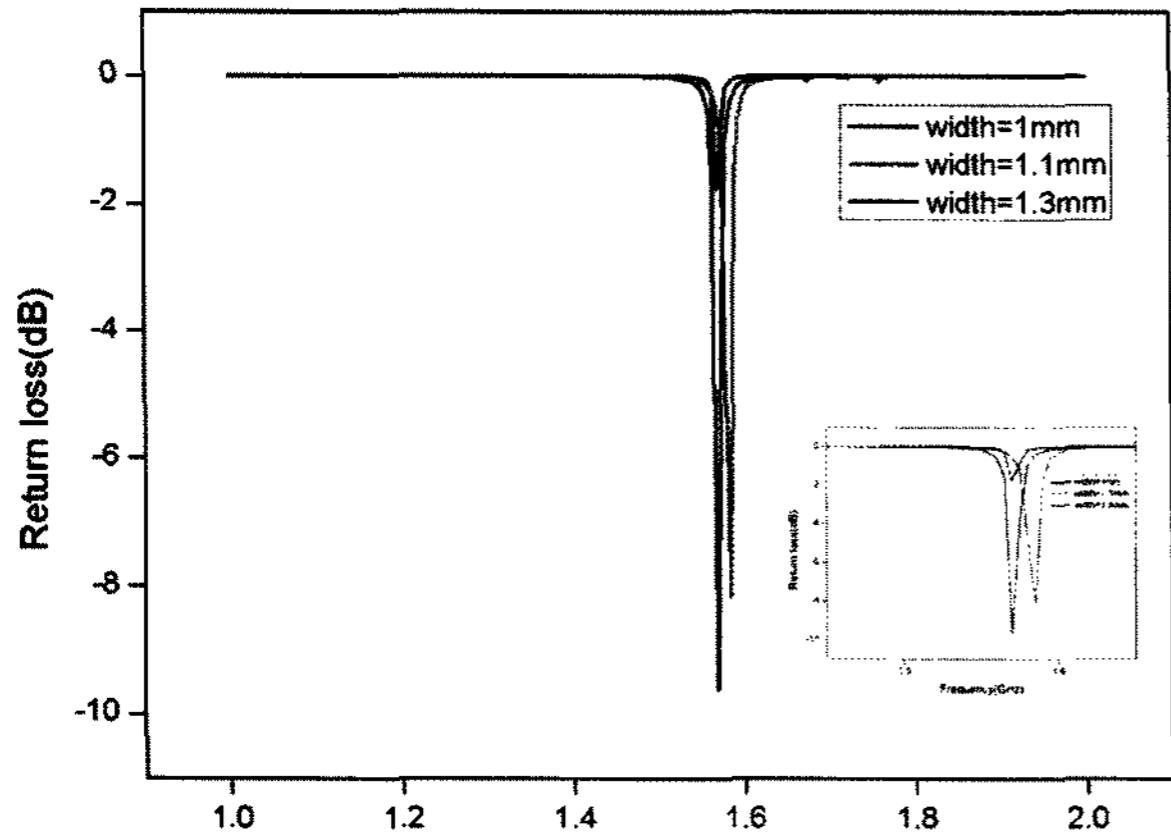


(a)

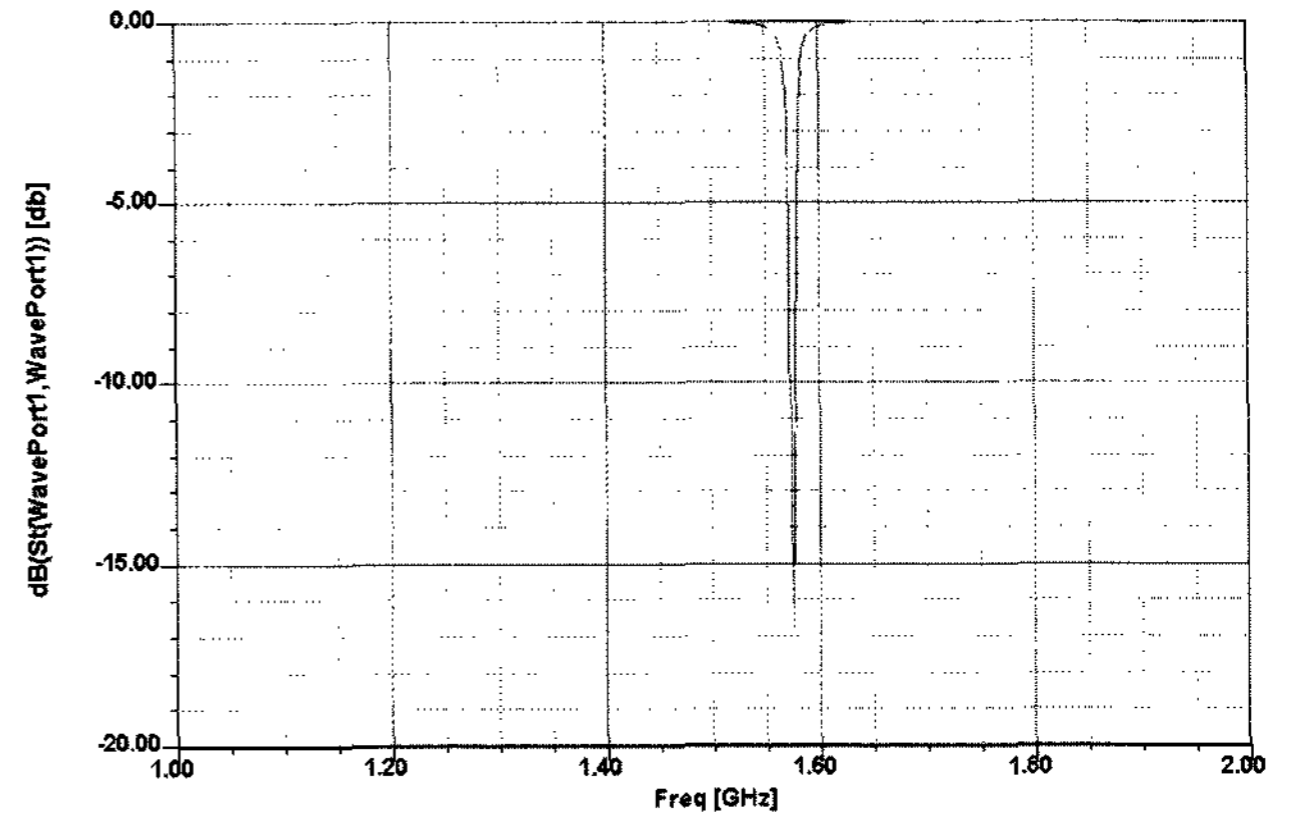


(b)

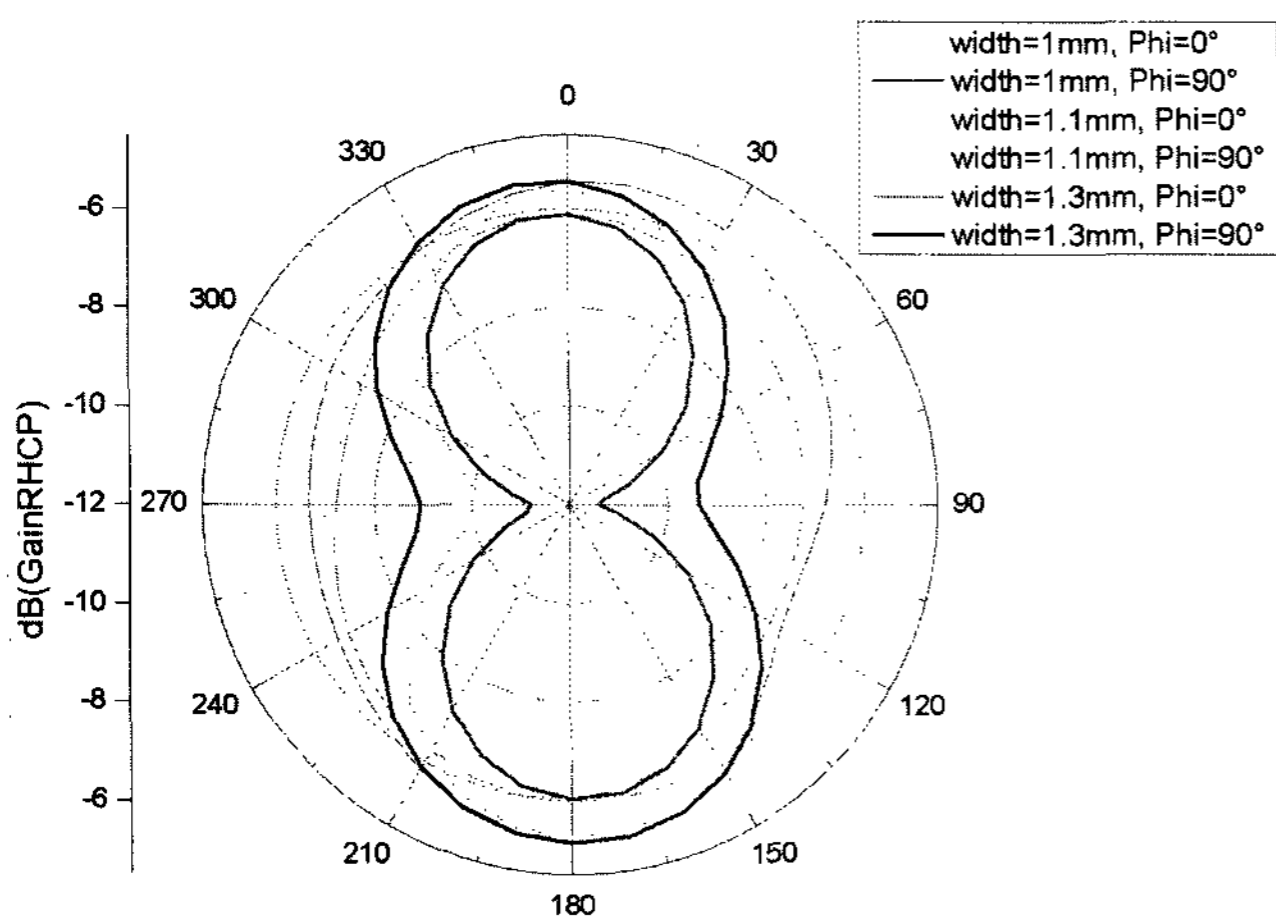
Fig. 7. Influence of the dielectric constant on the antenna's characteristics. (a) return loss, (b) radiation pattern.



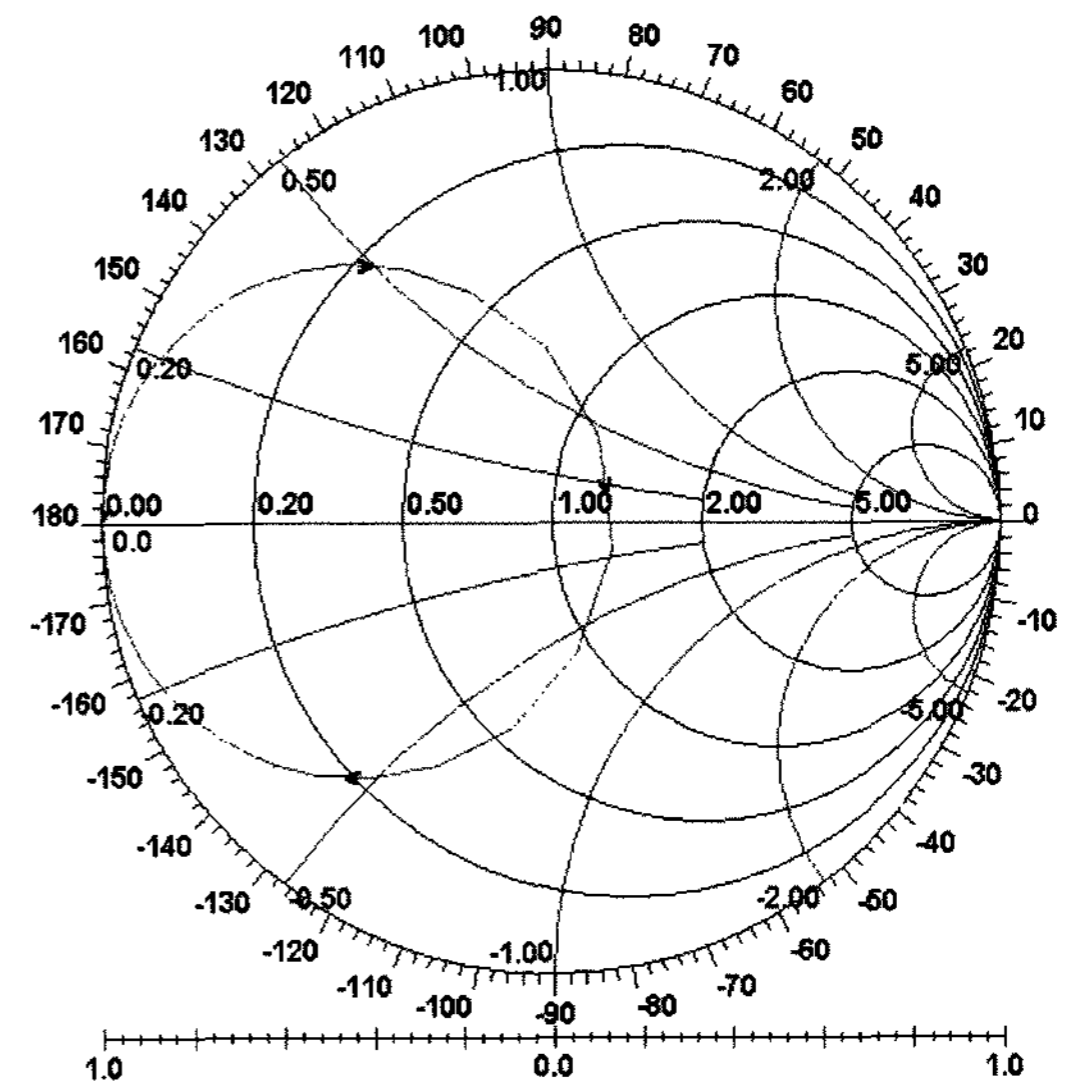
(a)



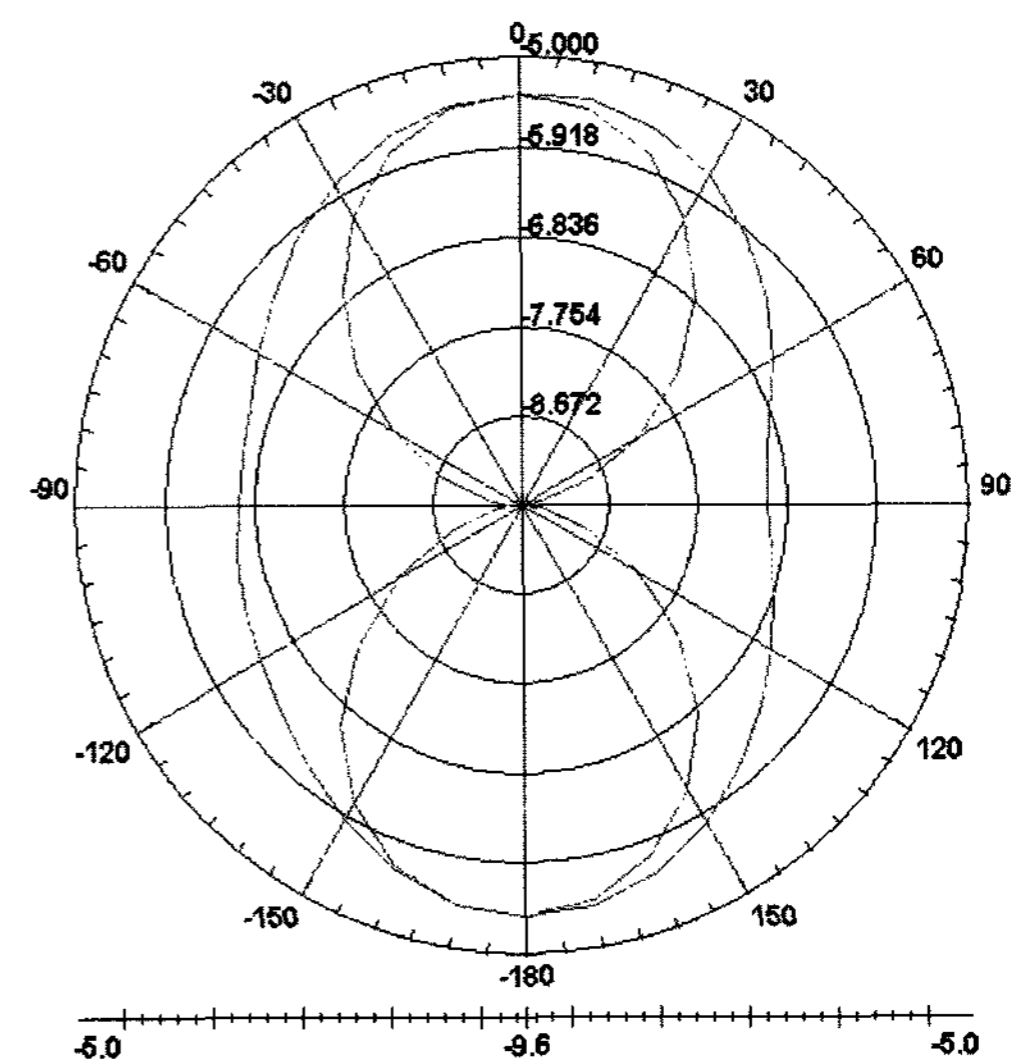
(a)



(b)



(b)



(c)

**Fig. 8.** Influence of the width of the conduction band on the antenna's characteristics. (a) return loss, (b) radiation pattern.

이상의 결과로부터 ZST 세라믹스의 적정 소결온도는 약 1,400°C이고, ZST 소결체의 상대유전율 및 품질계수는 각각 약 38 및 57,000 정도인 것으로 분석되었다.

### 3.2. ZST 헬리컬 안테나의 특성 해석

ZST 헬리컬 안테나는 Fig. 6에 나타난 것과 같이 유전체 코어, 나선형 도체로 구성된 방사부, 슬리브 바룬(Sleeve Balun), 입력 전선 등으로 구성되어 있고, 안테나의 특성에 가장 많이 영향을 주는 부분은 유전체 코어와 나선형 도체의 방사부의 형상이다.

ZST 헬리컬 안테나의 유전체 코어의 유전특성 및 방사부 형상 변화에 따른 안테나의 중심주파수 및 방사패턴 변화를 분석하고, 그 결과를 Fig. 7에서 Fig. 9까지 나타내었다. Fig. 7은 유전체 코어의 상대유전율 변화에 헬리컬 안테나의 반사 손실계수(S11) 및 방사패턴을 분석한 결과이고, Fig. 8은 나선형 방사부의 금속 도체 폭의 변

**Fig. 9.** The simulation result of the ZST helical Antenna having the optimal geometry. (a) return loss, (b) Smith chart, (c) radiation pattern.



**Table 1.** The Simulation Results of the ZST Helical Antenna Having Optimal Shape

Classification	Simulation results
Center Frequency(GHz)	1.58
VSWR	1.338
Gain(dB)	-16.78
Radiation Angle(degree)	80°

화에 따라 안테나의 특성변화를 분석한 결과를 나타내었다.

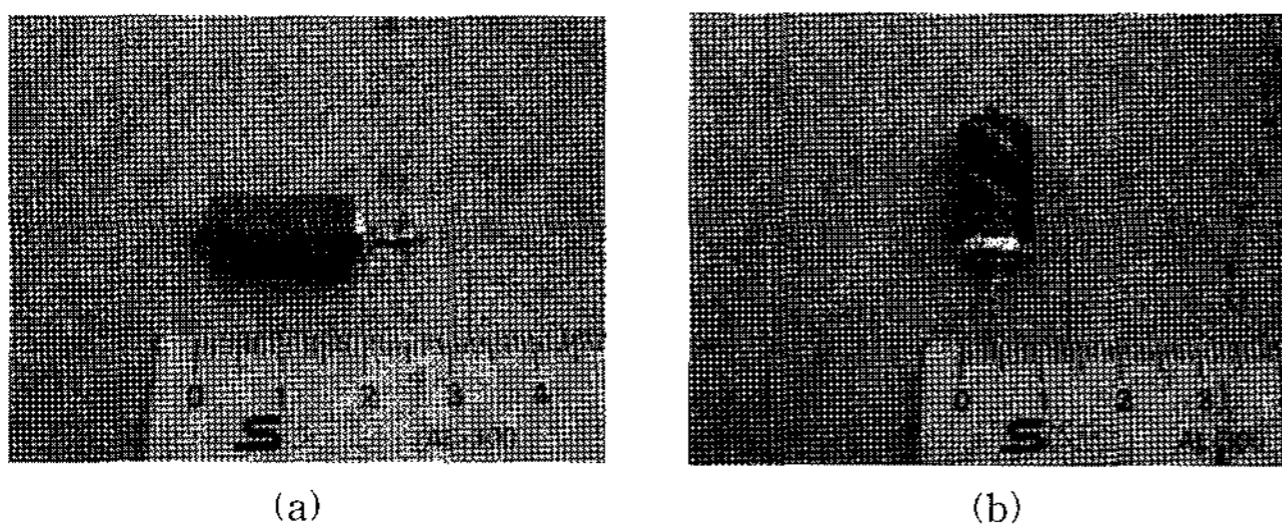
유전체 세라믹의 상대유전율 변화에 따른 안테나의 특성을 분석한 결과에서 알 수 있듯이, 동일한 크기의 유전체 소자를 사용할 경우, 유전체의 상대 유전율이 증가함에 따라 안테나의 중심주파수는 약 1.63 GHz부터 1.5 GHz 까지 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 유전체의 상대유전율이 36부터 40까지 증가함에 따라 안테나의 방사패턴은 개선되는 것으로 분석되었다. 그리고 안테나의 작동주파수를 우선적으로 고려할 경우, 약 1.57 GHz 정도의 중심주파수를 갖는 유전체 헬리컬 안테나를 제작하기 위해서는 상대유전율이 약 38정도인 유전체 소자를 사용하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

방사부의 나선형 금속도체의 폭 변화에 따른 안테나 특성 분석 결과에서 알 수 있듯이(Fig. 8), 도체의 폭이 1에서 1.3 mm까지 증가함에 따라 중심주파수는 증가하다 다시 감소하는 경향을 보이고, 반사손실특성은 -2 dB부터 -10dB까지 급격하게 변화하는 것으로 분석되었다. 또한 도체의 폭이 증가함에 따라 방사패턴 역시 향상되는 것으로 나타났다.

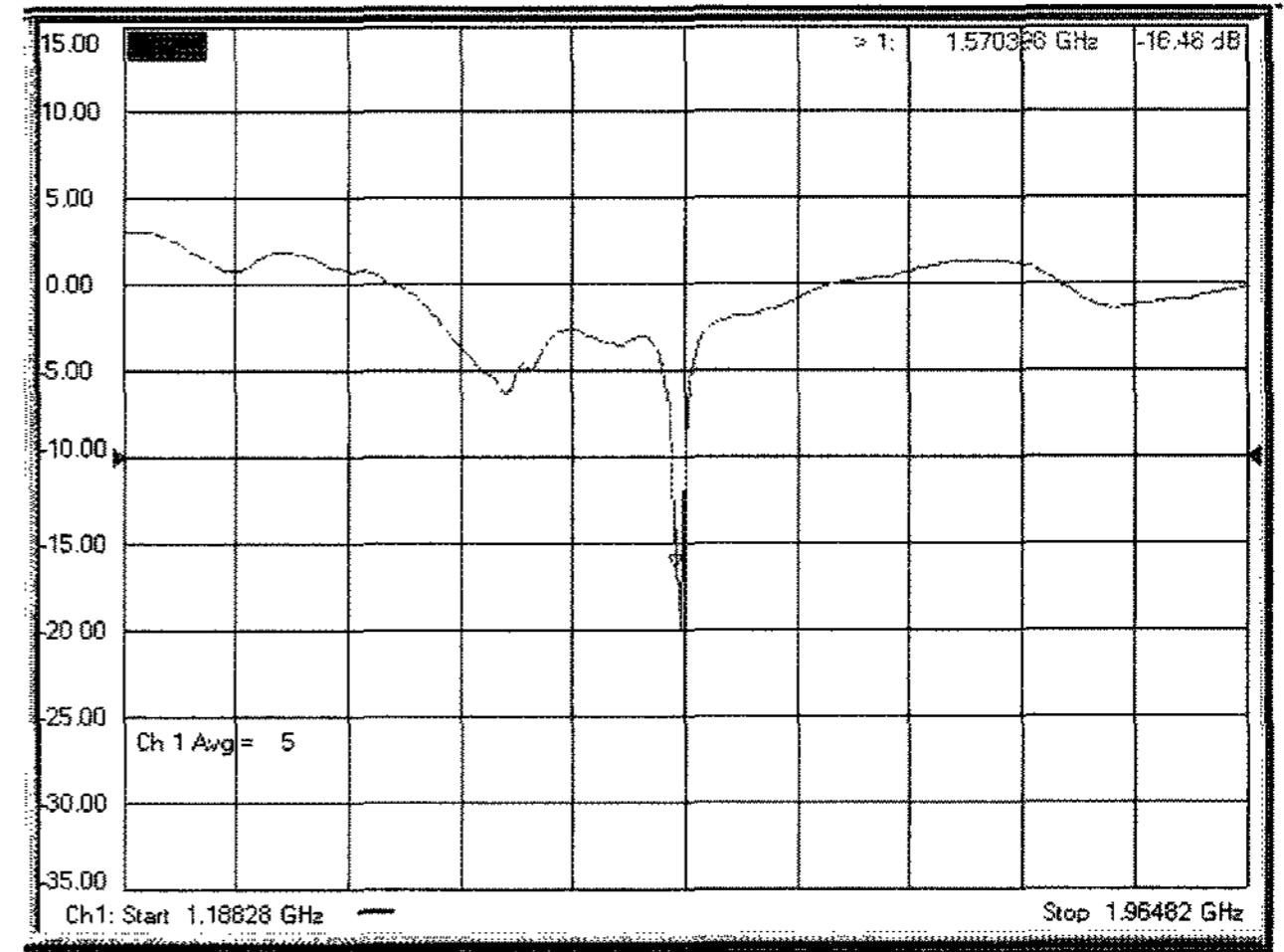
이상의 결과로부터 최적형상을 갖는 유전체 헬리컬 안테나의 특성을 해석하고, 그 결과인 Fig. 9 및 Table. 1에 나타내었다. 유전체 코어의 상대유전율이 38이고, 나선형 도체의 폭이 1.13 mm인 경우, ZST 헬리컬 안테나의 중심주파수는 약 1.58 GHz 이고, 이득은 약 -16.8 dB, 방사각은 약 80° 정도로 분석되었다.

**3.3. ZST 헬리컬 안테나 시제품의 특성**

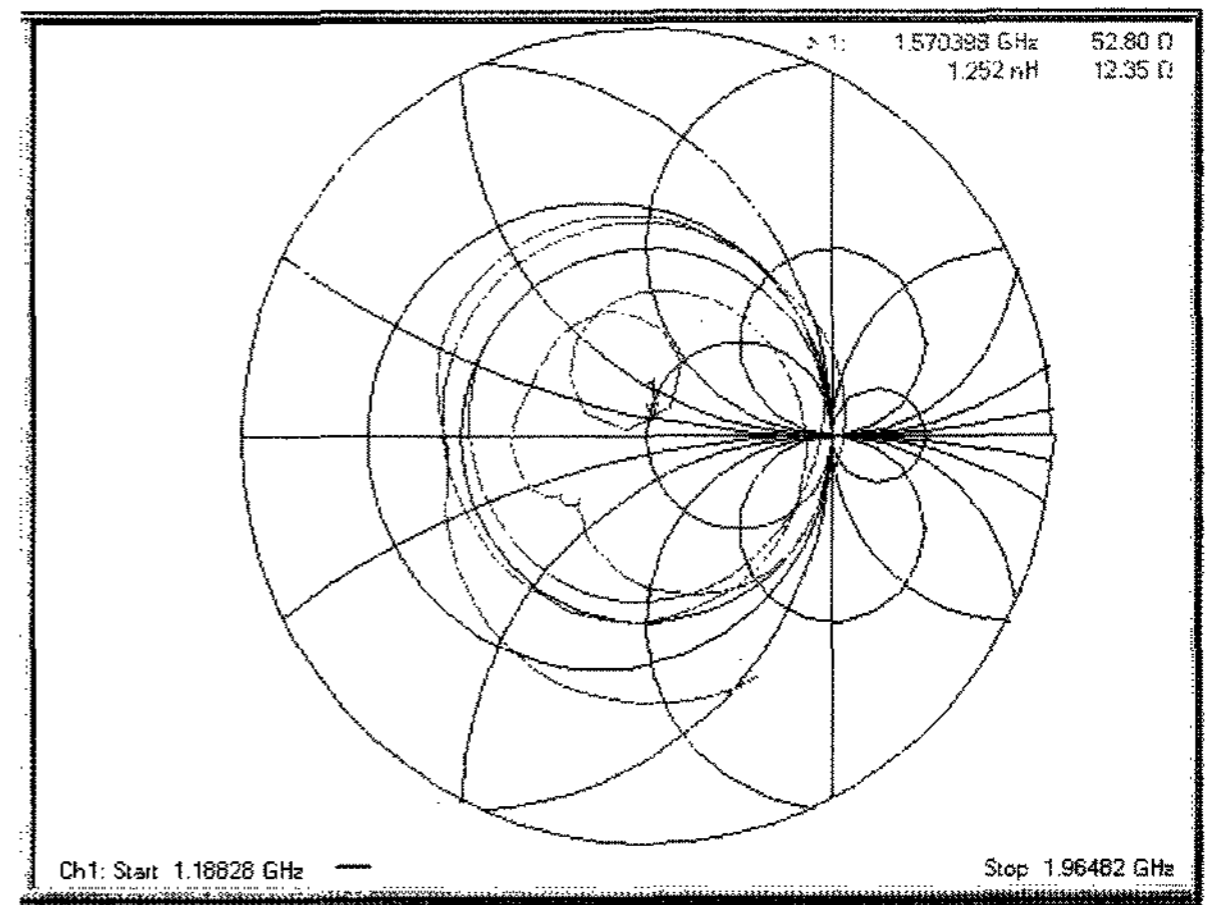
본 연구에서 제조한 ZST 유전체 세라믹스를 이용하여 최적형상을 갖는 헬리컬 안테나를 제조하고, 그 특성을



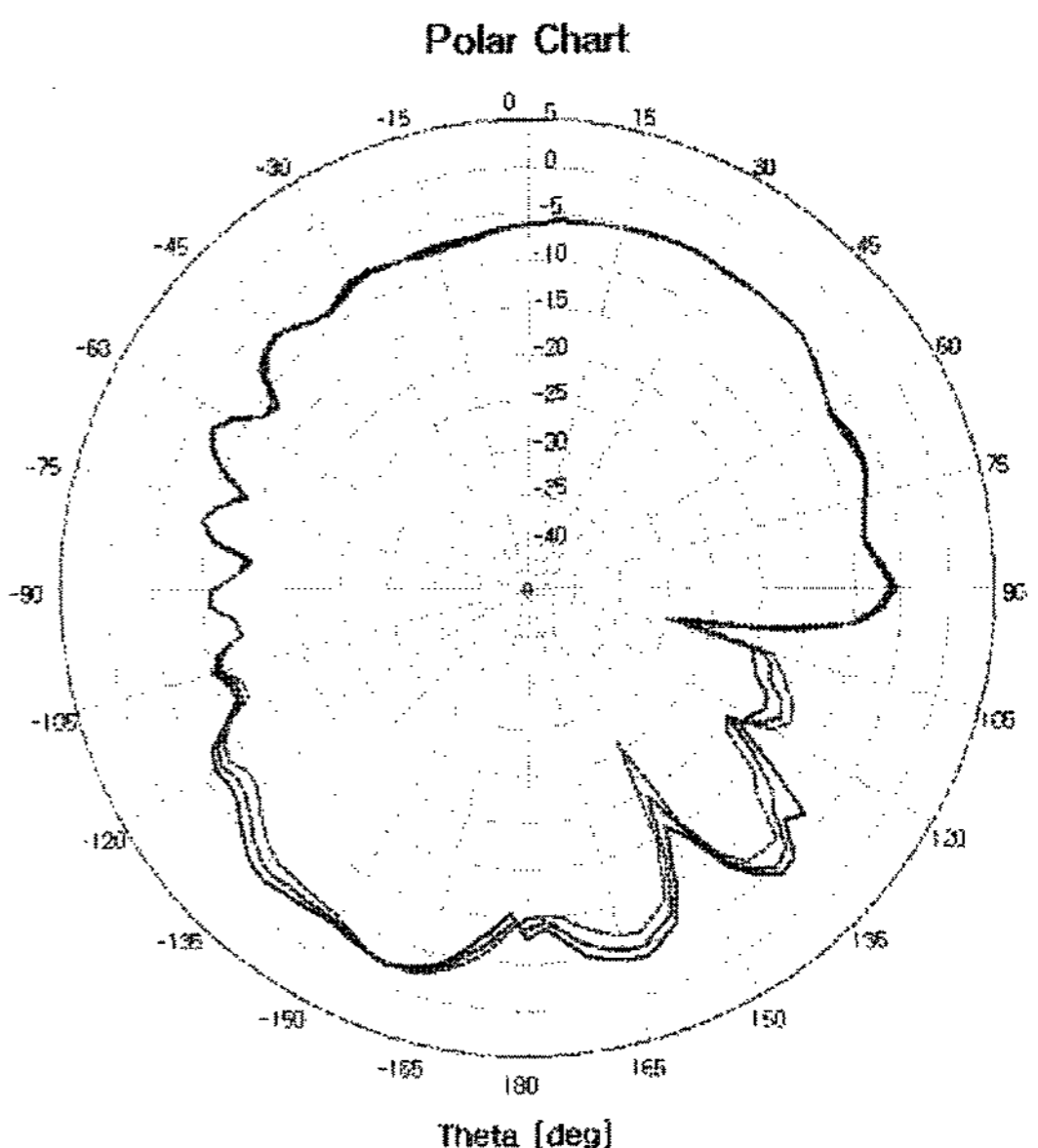
**Fig. 10.** (a) Horizontal view and (b) Vertical view of the manufactured ZST helical antenna.



(a)



(b)



(c)

**Fig. 11.** Measuring results of the ZST helical antenna. (a) Return loss, (b) Smith chart, (c) radiation pattern.

전자파 무향성(EMW안테나(주))에서 측정하였다. Fig. 10에 나타낸 사진과 같이 직경 11.6 mm 및 높이 19.5 mm인 ZST 소결체와 Cu의 도체를 사용하여 ZST 헬리컬 안테나를 제작하였다. 제작한 ZST 헬리컬 안테나 시제품의 특성 측정 결과를 나타낸 Fig. 11에서 알 수 있듯이, 중심주파수는 약 1.57 GHz이고, 이 때의 이득은 약 -20 dB 정도 이었다. 또한 측정된 스미스 차트에서 알 수 있듯이 52  $\Omega$ 의 정도의 매칭 임피던스와 양호한 방사특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 ZST 유전체 세라믹스를 이용하여 무지향성 및 고출력 특성을 지닌 유전체 세라믹 Twist Loop 안테나를 개발하고자 하였다. 이를 위해 ZST 유전체 세라믹스 제조하고, 헬리컬 안테나 특성 해석하여 최적형상을 결정하였다. 또한 ZST 헬리컬 안테나를 제작하여 그 특성을 측정하였다. 그 결과, ZST 유전체 소자의 상대 유전율 및 품질계수는 각각 38 및 57,000 정도의 특성을 갖는다. 그리고 헬리컬 안테나의 중심주파수는 유전체 코어의 상대 유전율이 증가함에 따라 감소하는 경향성을 보이고, 안테나의 무지향성은 유전체의 상대유전율 및 나선형 도체의 폭이 증가함에 따라 증가한다. 헬리컬 안테나의 이득은 나선형 도체의 폭이 증가함에 따라 향상된다.

이상의 결과로부터 중심주파수 및 이득이 각각 약 1.57 GHz 및 -20 dB 정도이고 양호한 무지향성 특성을

보유한 ZST 유전체 세라믹스를 이용한 헬리컬 안테나를 개발할 수 있었다.

#### REFERENCE

1. S.-H. Sim, C.-Y. Kang, J.-W. Choi, Y.-J. Yoon, S.-J. Yoon, and H.-J. Kim, "Multilayer Helical Dipole Antenna for IMT-2000 Handset," *Materials Chemistry and Physics*, **79** 111-115 (2003).
2. K. H. Yoon and E. S. Kim, "Dielectric Characteristics of Zirconium Tin Titanium Ceramics at Microwave Frequencies," *Mater. Res. Bull.*, **30** [7] 813-20 (1995).
3. J. M. Lee, C. I. Jeon, and B. S. Lee, "Design of Ceramic Chip Antenna for Bluetooth Applications Using Meander Lines," *Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE*, **4** 68-71 (2002).
4. A. Ioachim, M. G. Banciu, M. I. Toacsan, L. Nedelcu, D. Ghetu, H. V. Alexandru, G. Stoica, G. Annino, M. Cassettari, and M. Martinelli, "Nickel-doped (Zr<sub>0.8</sub>, Sn<sub>0.2</sub>)TiO<sub>4</sub> for Microwave and Millimeter-wave Applications," *Materials Science and Engineering B* **118** 205-209 (2005).
5. Guohua Huang, Dongxiang Zhou, Jianmei Xu, Xiaoping Chen, Daoli Zhang, Wenzhong Lu, and Buyin Li, "Low-Temperature Sintering and Microwave Dielectric Properties of (Zr,Sn)TiO<sub>4</sub> Ceramics," *Materials Science and Engineering B* **99** 416-20 (2003).
6. B. W. Hakki and P. D. Coleman, "A Dielectric Resonator Method of Measuring Inductive Capacities in the Millimeter Range," *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, **8** [4] 402-10 (1960).